

# 설계홍수량 가이드라인 제정을 위한 제언



김 영 오 |

서울대학교 건설환경공학부 부교수  
yokim05@snu.ac.kr



성 장 현 |

서울대학교 건설환경공학부 박사과정  
kon26@snu.ac.kr

## 1. 왜 필요한가?

이상기후에 의한 재해의 증가와 이에 따른 막대한 피해는 더 이상 언급할 필요도 없이 국민 모두 피부로 실감하고 있다. 일례로 태풍 및 장마전선에 따른 2006년 7월 경우는 지난 73년 관측시작 이래 강수량 중 최고치를 기록하였으며, 각 댐마다 적계는 300mm 이상, 많게는 900mm에 가까운 집중호우가 내려 남한강 여주지역과 한강하류의 범람이 우려되는 국가적인 위기상황에 직면하기도 하였다(황필선 등, 2006). 이렇듯 21세기 들어 겪은 상상을 초월한 수해는 과연 기존의 안전기준으로 국민생활의 안전을 확보할 수 있는가라는 원론적인 질문을 던지고 있다. 따라서 현재의 대응방법과 설계기준의 상향 조정을 검토할 시기에 이미 이르렀으며, 설계기준의 상향 조정에 앞서 신뢰할 수 있는 설계홍수량 산정이 선행되어야 함은 자명하다.

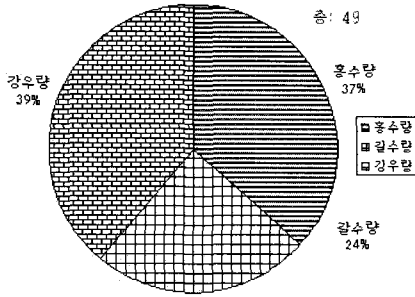
그러나 우리나라의 경우에 신뢰할 만한 설계홍수

량 산정을 위한 홍수빈도해석의 구체적인 가이드라인은 찾아보기 힘들다. 그나마 홍수빈도해석 지침서 격인 하천설계기준은 16장에서 자료의 수집부터 확률수문량 산정에 이르는 일련의 절차에 대해 "...를 적용할 수 있다" 식의 방법 나열에 그치고 있을 뿐이다. 예를들어 16장 3.2절 확률수문량의 추정편을 보면 다음과 같다. "수문빈도해석에 많이 쓰이는 확률분포는 정규분포, 2매개변수 대수정규분포, Gamma 분포, Generalized Extreme Value 분포, ... (중략) ..., 5매개변수 Wakeby 분포이다." 이렇듯 기준이라기보다는 마치 통계학 교과서와 같은 방법들의 나열에만 그치고 있다. 구체적인 정보 즉, 대상 자료 및 자료 보유기간에 따른 적절한 방법론의 추천, 그에 대한 적용 예 등은 찾아보기 어렵다.

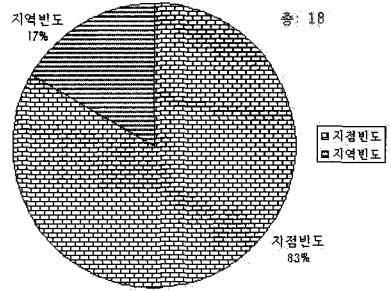
본 고에서는 국내외의 연구동향을 정리하고 가이드라인의 핵심사항이 될 확률분포형과 매개변수 추정 기법에 대하여 제언하고자 한다. 홍수빈도해석 가이드라인 제정을 발의하여 완성할 때까지 많은 시간이 필요하겠지만 공감대가 형성된 가이드라인을 제정한다면, 계산할 때마다 불필요한 절차와 시간의 낭비를 줄일 수 있음은 물론, 무엇보다도 산정결과가 신뢰성을 확보할 수 있을 것이다.

## 2. 지역빈도해석: 이제 홍수량 자료를 직접 사 용하자.

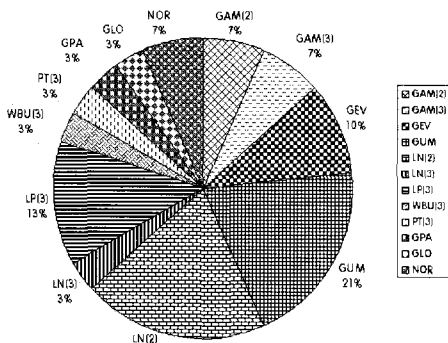
선진국의 경우 빠르게는 이미 40 여년 전에 홍수 빈도해석과 관련된 공식적인 기준을 설정하여 모든 관련 업무의 기본으로 삼고 있으며, 이상홍수



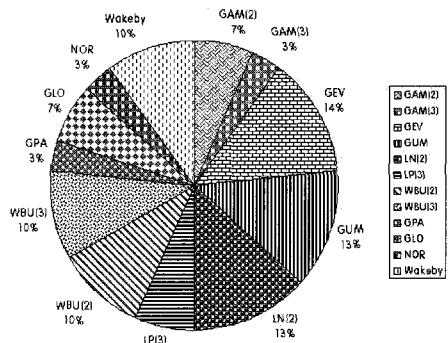
(a) 사용 자료별 비율



(b) 홍수량의 지점 vs. 지역빈도해석



(c) 강우 적정보포형



(d) 홍수 적정보포형

그림 1. 빈도해석 국내 연구 통계

(extreme flood)도 이의 연장선에서 대처하고 있다.

대표적인 빈도해석 지침서인 미국 Bulletin 시리즈의 역사를 살펴보면 시초적인 Bulletin 15는 U.S. Water Council에 의해 1969년에 발간되었고 Bulletin 15는 “A uniform technique for determining flood flow frequencies”을 주창하며 미국 전역에 공포되었다. 이를 근간으로 하여 1976년에 Bulletin 17이 발간되었고 이는 현재까지도 대표적 빈도해석 지침서로 사용되고 있는 Bulletin 17B의 근간이 되었다. Bulletin 17B가 발표될 당시 선진국 학자들의 가장 큰 고민은 짧은 자료 기간을 이용하여 100년 이상의 재현기간을 가진 홍수량을 산정하여야 하는 것이었으며, 이제야 30여년의 체계적인 자료를 보유하게 된 국내의 실정이 그들의 당시 고민과 비슷하다고 할 수 있다. 하지만

국내 홍수빈도해석에서는 관측자료의 수가 증가되었음에도 불구하고 자료에 대한 불신이 커 금기시되고 있어, 여전히 강우량 자료에 의존하고 있는게 현실이다. 홍수량 자료가 꾸준히 쌓여가는 이때가 국내 홍수빈도해석에 대한 재고가 필요한 시점이자 가이드라인 제정의 적기라 말할 수 있겠다.

가이드라인 제언에 앞서 국내 빈도해석 전반적인 연구흐름을 살펴보기 위하여 국내 연구동향을 조사하였다. 1990년 이후로 한국수자원학회와 대한토목학회에서 발표된 논문 중 빈도해석에 관한 논문은 총 51편이었으나 대부분이 강우량을 다루고 있어 홍수량을 대상으로 한 연구는 18편에 불과하였다(그림 1(a)). 이 중 지역빈도해석(regional frequency analysis)을 이용한 기법은 3편(그림 1(b))에 불과하였지만 1990년 대 이후로 지역빈도해석에 대한 관심

이 증가되고 있음을 확인할 수 있었다. 즉, 홍수빈도 해석과 관련된 연구는 절대적으로 그 수가 부족하였지만 지역빈도해석의 적용 등 다양한 방법이 점차 시도되고 있음을 확인하였다. 강우 및 홍수빈도해석 시 적용된 분포형을 살펴보면 2변수 대수정규분포(그림 1(c))와 GEV 분포(그림 1(d))가 상대적으로 많았지만 특정 분포에 관계없이 다양한 분포가 고르게 사용되고 있었다.

### 3. 낮은 출발이 오히려 더 좋은 가이드라인을 만들 수 있다.

미국은 Bulletin 17B의 발표와 함께 LP3(log-Pearson type III) 분포를 30년째 공식분포로 사용하고 있다. 하지만 공식분포로서의 LP3 분포에 대한 회의적인 시각 또한 만만치 않다. 그 중 하나가 당시 “공식분포의 선정이 너무 이르지 않았는가?”라는 비판이었다. 최근 극치량의 적정분포형에 대한 많은 연구가 수행되고 있고 GEV(Generalized Extreme Value), GLO(Generalized LOfistic) 분포의 우수함이 입증됨에 따라 대체하자는 의견이 일고 있다. 특히, Vogel and Wilson(1996)은 미국 1,455개 유역의 연최대, 연평균, 연최소 유량을 대상으로 L-모멘트비도를 이용하여 적합한 분포형을

선정하였으며 GEV 분포가 지점 자료에 적합함을 확인하였다.

미국외 여러 국가에서도 GEV 분포의 우수성은 광범위하게 인정받고 있다(표 1). 이처럼 우수성을 인정받고 있는 GEV 분포지만, 불행하게도 미국에서는 홍수보험 등의 현실적인 이유로 공식분포의 변경이 어려운 실정이다. 우리나라는 홍수빈도해석 가이드라인 제정이 시기적으로 늦은감이 있으나 미국에 비해 최근 발표된 우수한 연구결과를 이용할 수 있다는 장점이 있다. 즉, 늦은 시작은 시행착오를 줄일 수 있으며 이는 오히려 더 좋은 가이드라인의 초석을 제공할 수 있을 것이다.

### 4. 가이드라인에 반드시 포함될 내용들

홍수빈도해석 가이드라인에 제정에 있어 무엇보다도 중요한 것은 대표 확률분포형과 매개변수 추정법이다. 확률분포형을 선정하는데 있어 현재 우리나라 홍수량 자료는 너무 짧아, 자료를 가지고 분포를 선별리 선정하기에는 위험하다고 판단된다. 그러므로 시작 단계에서는 일반적이고 유연하며 전세계적으로 적용사례와 연구사례가 풍부한 GEV나 GLO 분포를 제안하고자 한다.

매개변수 추정법 중 지점추정(at-site estimate)

표 1. GEV 분포 적용 사례(Vogel and Wilson, 1996)

참고문헌	위치	추천 분포형	지점수
Onoz and Bayazit (1995)	The World	GEV	19
Karim and Chowdhury (1993)	Bangladesh	GEV	31
Gringas and Adamowski (1992)	New Brunswick, Canada	GEV	53
Pilon and Adamowski (1992)	Nova Scotia, Canada	GEV	25
Pearson (1991)	South Island, New Zealand	EV1, EV2, GEV	275
Nathan and Weinmn (1991)	Central Victoria, Australia	GEV	53
Vogel et al. (1993a)	Australia	GEV, GP, LP3, LN3	61
Wallis (1988)	Eastern United States	GEV	55
Vogel et al. (1993b)	Southwestern United States	LN3, LN2, GEV, LP3	383

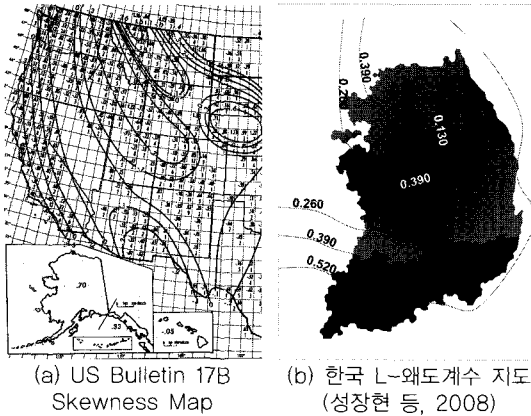


그림 2. 매개변수 지도

방법은 유량 자료의 부족으로 발생하는 표본오차 (sampling error)가 크기 때문에 충분한 유량 자료를 보유한 지점에 한하여 제한적으로 사용되고 있다. 대안으로 동질성을 가진 유역의 유량 자료를 모아 지역 매개변수를 추정하는 지수홍수법(index flood method)이 제안되기도 하였으나, 이질성이 큰 우리나라의 유역특성 때문에 적용이 쉽지 않다. Stedinger and Tasker가 1986년 제안한 GLS(Generalized Least Square) 기법은 유역을 동질지역으로 구분할 필요가 없으며 지점들간의 상관관계와 이분산성을 고려할 수 있어, 매개변수 추정시에 유용하리라 판단된다. 확률분포형의 매개변수 추정에 있어 GLS 기법의 사용은 이미 선진국에서 그 우수성을 입증 받았으며 국내에서도 정대일 등(2007)에 의해 성공적으로 적용된 바 있다.

정대일 등(2007)은 기존의 GLS 기법의 단점을 보완한 Bayesian-GLS(B-GLS) 기법을 이용하여 국내 대유역에 골고루 위치하며 댐의 영향을 받지 않는 31개 지점의 연최대 일유량 시계열의 L-변동계수(L-moment coefficient variation)와 L-왜도계수(L-moment coefficient skewness)를 추정할 수 있는 회귀모형을 제안하였다. 회귀모형을 구성하기 위한 유역특성으로는 유역면적, 유역경사, 유역평균강우 등을 사용하였다.

B-GLS 적용 결과를 지점간의 상관관계를 고려하지 않는 OLS (Ordinary Least Square) 및 Bayesian-WLS(Weighted Least Square)와 비교 평가하여 그 우수성을 입증하였다. 정대일 등(2007)은 논문을 바탕으로 L-변동계수, L-왜도계수 지도(map)를 제시하였다. L-변동계수, L-왜도계수 지도(그림 2(b))는 Bulletin 17B의 왜도계수 지도(그림 2(a))와 쓰임새가 같으며 이 지도를 이용한다면 간편하게 GEV 분포의 매개변수를 전국 어디서나 구할 수 있다.

### 5. 맺음말

홍수빈도해석은 수문학이 시작된 이래로 국내의 모든 수문학자들의 공통된 관심사였다. 국내에서도 이미 30 여년 전부터 고재웅과 문재길(1979)을 필두로 홍수빈도해석의 중요성을 역설하였지만 안타깝게도 가이드라인 등의 제정은 제자리에 머물러 있다. 오래전부터 공감대가 형성되어 있었던 만큼 공청회 개최 등의 본격적인 연구가 시작된다면 우수한 빈도 해석 지침서가 제정될 수 있을 것이다. 실천을 위한 작은 목소리가 큰 메아리로 돌아오길 기대하며 본고를 맺겠다.

### 감사의 글

본 연구는 건설교통부 한국건설교통기술평가원의 이상기후대비시설기준강화 연구단에 의해 수행되는 2005 건설기술기반구축사업(05-기반구축-D03-01)에 의해 지원되었습니다.

## 참고문헌

- 고재웅, 문재길 (1979). “한국하천의 홍수특성에 관한 연구.” 건국대학교 학술지 23(2), pp. 63-109
- 성장현, 김영오, 정대일 (2007). “홍수빈도해석 지침서 제정을 위한 연구.” 2008년 대한토목학회 학술발표회 논문초록집, pp. 1168-1171
- 정대일, Stedinger, J. R., 김영오, 성장현 (2007). “국내 지역 홍수빈도해석을 위한 기법 제안: Bayesian-GLS 회귀.” 2007년 한국수자원학회 학술발표회 논문초록집, pp. 241-245.
- 항필선, 박진혁, 심명필, 최승안 (2006). “2006년 7월 집중호우에 따른 여주지점 홍수조절 효과분석.” 한국수자원학회논문집, 한국수자원학회, 40(4), pp. 48-55.
- Stedinger, J. R., and Tasker, G. D. (1986). “Regional hydrologic analysis, 2 model-error estimation, estimation of sigma and Log-pearson type III distribution.” Water Resources Research, 22(10), pp. 1487-1499.
- Vogel, R. M. and Wilson J, I. (1996). “Probability distribution of annual maximum, mean, and minimum streamflows in the United States.” Journal of Hydrologic Engineering, 1(69), pp. 69-76. 📖